



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente

Convocatoria 2014

Nº de proyecto: 136

Título del proyecto: Estrategias de iniciación a la experimentación en laboratorios de las enseñanzas en Óptica

Nombre del responsable del proyecto: Óscar Martínez Matos

Centro: Facultad de Ciencias Físicas

Departamento: Óptica

## **1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto (Máximo 2 folios)**

El objetivo principal de este proyecto es un cambio en la metodología docente de la asignatura Laboratorio de Física III, del Grado en Física, para hacerla más atractiva y participativa. Para llevarlo a cabo se propondrán cambios sustanciales en las prácticas y su dinámica que podemos clasificar en dos bloques diferenciados.

**En el primer bloque** se pretende modernizar las prácticas ya existentes en la asignatura cambiando substancialmente los objetivos del experimento y los guiones, así como el papel que juega el estudiante. Se pretende conseguir lo siguiente:

1. Guiones concisos y claros centrados principalmente en los objetivos de las prácticas y el material disponible.
2. Guiones que estimulen la creatividad, curiosidad y espíritu crítico del estudiante para iniciarle en el método científico. Para ello los estudiantes tendrán libertad para adoptar diversas estrategias de medida cuyos resultados tendrán que evaluar de forma crítica. Los guiones consistirán en:
  - Objetivos de la práctica;
  - Material disponible y su razón de ser en el contexto del experimento;
  - Sugerencias a grandes rasgos de posible realizaciones;
  - Bibliografía recomendada;
  - “Quiero saber más”: Implicaciones y ejemplos en óptica moderna del objetivo y fundamento de la práctica;

**En el segundo bloque** elaboraremos una serie de posibles objetivos para que los estudiantes realicen prácticas avanzadas. Estos ejemplos servirán para ensayar la implementación de las estrategias didácticas planteadas en este proyecto. Se analizará la viabilidad de los objetivos propuestos atendiendo a: 1. Los recursos del laboratorio; 2. Las capacidades de los estudiantes; 3. Los objetivos docentes de la asignatura; 4. La carga docente de la asignatura. En estas prácticas avanzadas el estudiante se enfrentará a un problema de investigación que tendrá que resolver desde la base: justificar el interés de los objetivos; diseñar el experimento para que cumpla con los objetivos propuestos; desarrollar modelos teóricos adecuados; realizar las medidas experimentales y su posterior análisis; sacar conclusiones que presentará en una memoria. Las prácticas avanzadas consistirán en:

- Planteamiento del problema a resolver por el estudiante;
- Material disponible;
- Bibliografía recomendada;

En definitiva, se pretende que los alumnos no sólo aprendan los contenidos de la asignatura, si no que adquieran el conjunto de conocimientos y destrezas necesarios para ser futuros investigadores de calidad.

Los resultados del proyecto se prepararán en formato virtual, lo que permitirá incluir vídeos ilustrativos, animaciones y enlaces a Internet. Además, existirá una versión adaptada para la impresión de algunos de sus apartados (por ejemplo los guiones). Una sección estará dedicada a consejos para la preparación del informe de la práctica, donde, como conocemos por experiencia, los alumnos tienen más dificultades. Por otro lado habrá una sección en la que se pondrá de manifiesto la relevancia de cada experimento en el desarrollo de la física, así como sus aplicaciones actuales más novedosas en ciencia y tecnología.

## 2. Objetivos alcanzados (Máximo 2 folios)

Los objetivos planteados en este proyecto se han alcanzado satisfactoriamente. El objetivo principal, que consistía en el cambio de metodología docente de la asignatura Laboratorio de Física III, del Grado en Física, para hacerla más atractiva y participativa, se ha cumplido íntegramente en vista de los resultados de la implementación parcial del proyecto desarrollado en el curso 2014/2015. Se ha podido comprobar que los alumnos han participado de forma más activa en la resolución de las prácticas y han desarrollado estrategias novedosas en las que se planteaban el problema físico desde la base. Estas actitudes conllevan ineludiblemente el desarrollo del método científico, pilar básico de cualquier carrera de ciencias.

La implementación del proyecto en el curso 2014/2015 no ha sido completa debido a que éste no se había finalizado al comienzo del curso académico. Aun así, el resultado parcial ha sido muy alentador.

Los objetivos del **primer bloque** se han cumplido satisfactoriamente. Se presenta una colección de prácticas de óptica más adecuadas a los tiempos modernos en las que los guiones se han escrito de forma concisa y clara dando libertad a los estudiantes para adoptar diversas estrategias de medida. Cada guion consiste en: Objetivos de la práctica; Material disponible y su razón de ser en el contexto del experimento; Sugerencias a grandes rasgos de posible realizaciones; Bibliografía recomendada; Plantilla; "Quiero saber más": Implicaciones y ejemplos en óptica moderna del objetivo y fundamento de la práctica.

Además, en este primer bloque se incluyen las soluciones de las prácticas escritas de forma crítica teniendo en cuenta todas las posibles soluciones y problemas que pueden plantear los estudiantes en su implementación práctica. Estas prácticas son la evolución natural de las prácticas clásicas de óptica que se llevan impartiendo en el departamento desde hace más de una década.

Los objetivos del **segundo bloque** se han alcanzado satisfactoriamente. Se presenta una colección de Prácticas Avanzadas en Óptica en las que el guion se reduce al planteamiento del problema a resolver, un apartado de material disponible (si procede) y un último apartado de bibliografía recomendada. La reducción del guion a su mínima expresión tiene como objetivo que los estudiantes adquieran el conjunto de conocimientos y destrezas necesarios para resolver un problema de física desde la base fomentando su capacidad crítica y el método científico.

Para proponer estas prácticas novedosas se analizó previamente la viabilidad de los objetivos propuestos atendiendo a: los recursos del laboratorio; las capacidades de los estudiantes; los objetivos docentes de la asignatura y la carga docente de la asignatura.

En este segundo bloque también se incluye la resolución de las Prácticas Avanzadas escritas de forma crítica teniendo en cuenta todas las posibles soluciones y problemas que pueden plantear los estudiantes en su implementación práctica.

Finalmente, los resultados de este proyecto se presentan en formato virtual con una estructura bien marcada en dos bloques, que incluyen las Prácticas de Óptica convencionales y las Prácticas Avanzadas. Se ha suprimido la sección dedicada a consejos para la preparación del informe porque comprobamos que había una sobrecarga de trabajo por parte de los estudiantes en su implementación en el curso 2014/2015. La realización del informe se ha sustituido por la resolución de una plantilla incluida en un apartado de los guiones de las prácticas del primer bloque.

### **3. Metodología empleada en el proyecto (Máximo 1 folio)**

Para definir y realizar las Prácticas de Óptica y las Prácticas Avanzadas de acuerdo con la metodología docente propuesta en este proyecto, se siguieron los siguientes pasos:

El primer paso seguido por los profesores integrantes de este proyecto fue buscar la bibliografía adecuada en revistas internacionales docentes y de investigación, que se pone de manifiesto en las referencias incluidas en las Prácticas Avanzadas.

Se comparó la metodología docente propuesta en este proyecto con la metodología en Universidades de prestigio internacional donde prima el desarrollo de iniciativas por parte de los estudiantes, gracias en parte a clases menos masificadas y más recursos en los laboratorios.

Se estudió la viabilidad para implementar las Prácticas de Óptica y las Prácticas Avanzadas de acuerdo a los recursos del laboratorio. Para ello se hizo primeramente un inventario del material de laboratorio que sirvió de base para definir de forma realista los experimentos a implementar y por lo tanto los posibles objetivos de las prácticas. Para definir los objetivos finales se tuvo en cuenta las capacidades de los estudiantes, el plan de estudios y la carga docente de la asignatura.

Se identificaron las dificultades que pudieran encontrar los estudiantes en el desarrollo de los experimentos, que quedó reflejado en la colección de prácticas resueltas incluidas en este proyecto correspondientes a los dos bloques, Prácticas de Óptica y Prácticas Avanzadas. Para ello se realizaron todos los experimentos en todas sus variantes identificando las posibles fuentes de error.

Con los objetivos de las prácticas definidos según los puntos anteriores se pasó a la redacción de los guiones de las Prácticas de Óptica y de las Prácticas Avanzadas, así como de su resolución, de acuerdo con la nueva filosofía de la asignatura.

Todo el material desarrollado en este proyecto se presentó en formato virtual.

#### **4. Recursos humanos (Máximo 1 folio)**

El grupo de trabajo está compuesto por nueve profesores titulares del Departamento de Óptica, tres investigadores doctores asociados a grupos de investigación del Departamento de Óptica, cuatro investigadores no doctores asociados a un grupo de investigación del Departamento de Óptica y un Doctor y Profesor asociado a la Facultad de Óptica y Optometría y Técnico de laboratorio del Departamento de Óptica.

El Técnico de laboratorio hizo un inventario del material de laboratorio disponible en el Departamento de Óptica y ayudó a diseñar, montar y alinear las prácticas de laboratorio. Entre los nueve Profesores Titulares y dos Doctores Investigadores diseñaron y escribieron todos los guiones y la resolución de las Prácticas de Óptica y de las Prácticas Avanzadas. Los cuatro investigadores no doctores realizaron las prácticas como alumnos-test representando la diversidad en formación y destrezas de los alumnos reales con la intención de analizar la adecuación de las mismas a la filosofía y objetivos del proyecto. Un profesor titular programó las simulaciones de algunas de las prácticas por ordenador. Por último un Investigación Doctor y el Técnico de Laboratorio diseñaron el formato web del proyecto.

## 5. Desarrollo de las actividades (Máximo 3 folios)

Las actividades se dividieron en dos grandes bloques: mejora de las Prácticas de Óptica ya existentes en la asignatura Laboratorio de Física III y definición, diseño y desarrollo de las Prácticas Avanzadas.

Primeramente se realizó un inventario del material de laboratorio para establecer los recursos disponibles e identificar el material necesario para suplir las carencias existentes en el laboratorio y modernizar la instrumentación. Se clasificó según su utilidad para demostrar los fenómenos físicos recogidos en el programa de la asignatura: óptica geométrica, polarización, interferencia y difracción. También se clasificó en un apartado distinto los elementos de laboratorio susceptibles de ser utilizados en cualquiera de las experiencias de laboratorio.

Se mejoraron las **Prácticas de Óptica** ya existentes en la asignatura Laboratorio de Física III. Para ello:

1. Se definieron los nuevos objetivos de las prácticas compatibles con el programa de la asignatura y con la filosofía del proyecto.
2. Se realizó el trabajo experimental valorando los posibles métodos experimentales para cumplir los objetivos. Con este fin se analizaron las limitaciones y fuentes de error de cada uno de los métodos, reflejando estos resultados en la redacción de las resoluciones de las prácticas.
3. El guion de la práctica se redactó para que el alumno fuese capaz de identificar uno de estos métodos de resolución teniendo la libertad de diseñar el procedimiento que considere, dejando abierta su participación activa y el desarrollo de sus iniciativas bajo supervisión de un profesor. El guion de la práctica contiene los siguientes apartados: Objetivos, Fundamentos físicos, Método experimental (listado del material disponible, con descripción concisa y clara de su funcionamiento y razón de ser dentro del montaje), Bibliografía, Plantilla (apartado que tienen que rellenar los alumnos), Fenómenos interesantes para los curiosos (fenómenos experimentales que pueden realizar en el laboratorio de forma sencilla y que refuerza lo aprendido en la sesión de prácticas), y Quiero saber más (se ponen ejemplos de las aplicaciones de la práctica y sus objetivos en ciencia y tecnología actual, así como la relevancia de cada experimento en el desarrollo de la física).

Se programaron en Phyton simulaciones de algunos de los fenómenos físicos de las Prácticas de Óptica como complemento y refuerzo a la realización experimental.

Se definieron y desarrollaron las **Prácticas Avanzadas**. Para ello:

1. Se definieron los objetivos de las Prácticas Avanzadas como ejemplos para ensayar la implementación práctica de estas estrategias didácticas. Se analizó la viabilidad de los objetivos atendiendo a los recursos del laboratorio, las capacidades de los estudiantes, los objetivos docentes de la asignatura y la carga docente de la asignatura.
2. Una vez comprobada la viabilidad de los objetivos propuestos se redactaron los guiones de las Prácticas Avanzadas que consistían en el planteamiento del problema a resolver, un apartado de material disponible (si procede) y un último apartado de bibliografía recomendada.
3. Se resolvieron las Prácticas Avanzadas atendiendo a todos los posibles métodos experimentales, analizando la viabilidad y conveniencia de cada uno de ellos.

Una vez mejoradas las Prácticas de Óptica de la asignatura Laboratorio de Física III, los alumnos-test resolvieron cada una de ellas analizando y sugiriendo cambios para adecuar las prácticas a la filosofía y objetivos del proyecto. Finalmente se virtualizaron los contenidos de este proyecto presentándolos en formato web.